

Výpočty investičních a provozních nákladů u osvětlovacích soustav elektrických stanic

Calculation of Investment and Operating Costs for Electric Substations Lighting Systems

Václav Fišer

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Tomáš Novák, Ph.D.

Ostrava, 2021

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Tomáši Novákovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, pomoc a věcné rady při vypracování této závěrečné práce.

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je vypočítat a následně zhodnotit provozní a investiční náklady do nových osvětlovacích soustav v elektrické stanici. Pro výpočet investičních nákladů použiji zhodnocovací kritérium, které využívá ČEPS, a.s., tedy Net Present Value.

Klíčová slova

Provozní náklady, investiční náklady, Net Present Value, vysokotlaká sodíková výbojka, LED svítidlo, elektrická stanice Nošovice, elektrická stanice Albrechtice

Abstract

The aim of this bachelor thesis is to calculate and assess the operating and investment costs in the new lighting systems in the substation. To calculate the investment costs, I will use the evaluation criterion used by ČEPS, a.s., ie Net Present Value.

Keywords

Operating costs, investment costs, Net Present Value, high-pressure sodium lamp, LED luminaire, substation Nošovice, substation Albrechtice

Obsah

ÚVOD	9
1. NORMATIVNÍ POŽADAVKY NA OSVĚTLENÍ ELEKTRICKÝCH STANIC [1]	10
1.1. HLÍDACÍ OSVĚTLENÍ	10
1.2. OSVĚTLENÍ KOMUNIKACÍ	10
1.3. PROVOZNÍ OSVĚTLENÍ	11
2. OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY ELEKTRICKÝCH STANIC ČEPS	13
2.1. HLÍDACÍ OSVĚTLENÍ	13
2.1.1. SVÍTIDLA	15
2.2. OSVĚTLENÍ KOMUNIKACÍ	16
2.2.1. SVÍTIDLA	17
2.2.2. POPIS VLASTNOSTÍ SVÍTIDEL HLÍDACÍHO OSVĚTLENÍ A OSVĚTLENÍ KOMUNIKACÍ	17
2.3. PROVOZNÍ OSVĚTLENÍ	18
2.3.1. SVÍTIDLA	19
2.4. PŘÍDAVNÉ OSVĚTLENÍ	21
2.5. OSVĚTLENÍ VSTUPŮ DOMKŮ CD, DO A DO OSTATNÍCH OBJEKTŮ	21
2.5.1. POPIS VLASTNOSTÍ SVÍTIDEL OSVĚTLENÍ DOMKŮ A VJEZDU	22
2.6. OSVĚTLENÍ VÝŠKOVÝCH BODŮ ROZVODEN	23
2.7. VAZBA VENKOVNÍHO OSVĚTLENÍ NA KAMEROVÝ SYSTÉM TSFO	23
2.8. DĚLENÍ ELEKTRICKÝCH STANIC DO ENVIRONMENTÁLNÍCH ZÓN	23
3. VÝPOČETNÍ METODIKA INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ	25
3.1. NET PRESENT VALUE	25
3.2. PŘÍKLAD VÝPOČTU NET PRESENT VALUE	26
4. VÝPOČET PROVOZNÍCH A INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ ELEKTRICKÉ STANICE	28
4.1. VÝPOČET PROVOZNÍCH NÁKLADŮ V NOŠOVICÍCH	28
4.2. VÝPOČET PROVOZNÍCH NÁKLADŮ V ALBRECHTICÍCH	29
4.3. VÝPOČET PROVOZNÍCH NÁKLADŮ V NOŠOVICÍCH ZA CENU ELEKTRINY PRO DOMÁCNOST	31
4.4. VÝPOČET PROVOZNÍCH NÁKLADŮ V ALBRECHTICÍCH ZA CENU ELEKTRINY PRO DOMÁCNOST	32
4.5. VÝPOČET INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ V NOŠOVICÍCH	32
4.6. VÝPOČET INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ V ALBRECHTICÍCH	35
4.7. VÝPOČET INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ V NOŠOVICÍCH ZA CENU ELEKTRINY PRO DOMÁCNOST	39
4.8. VÝPOČET INVESTIČNÍCH NÁKLADŮ V ALBRECHTICÍCH ZA CENU ELEKTRINY PRO DOMÁCNOST	41
5. ZÁVĚR	44
POUŽITÁ LITERATURA	46

Seznam použitých symbolů a zkratk

\bar{E}_m	Udržovaná osvětlenost
U_0	Rovnoměrnost osvětlení
GR_L	Mezní hodnota činitele oslnění
R_a	Index podání barev
ČEPS	Česká energetická přenosová soustava
m	Metr
V; kV	Volt, kilovolt
A	Ampér
W; kW	Watt, kilowatt
LED	Light-emitting diode, neboli světelná dioda
TR	Transformovna
CD	Centrální domek
DO	Domek sekundární techniky
Ks	Kus
VVN	Velmi vysoké napětí
ZVN	Zvláště vysoké napětí
HOK	Hlavní ocelová konstrukce
T40x	Stanoviště transformátoru
CCTV	Closed circuit television (uzavřený televizní okruh)
TSFO	Technický systém fyzické ochrany
E_v	Vertikální osvětlenost
I	Svítivost
ULR	Podíl světelného toku svítidla vyzařovaného nad horizont v jeho pracovní poloze a umístění
L_b	Nejvyšší průměrný jas fasády
L_s	Nejvyšší průměrný jas značek
NPV	Net present value/čistá současná hodnota
R_t	Čistý tok nebo odtok hotovosti během jednoho období
i	Diskontní sazba či návratnost, kterou lze získat v alternativních investicích
t	Počet časových období
kWh	kilowatt hodina

Seznam obrázků

Obr. 1. Základní koncepce hlídacího osvětlení z pohledu kamerového osvětlení [3]	15
Obr. 2. Jasový snímek hlídacího osvětlení s vysokými jasy ve směru sledování kamery [3]	15
Obr. 3. Provozní osvětlení rozvodny R 420 kV.....	20
Obr. 4. Osvětlení vstupu domku sekundární techniky	21
Obr. 5. Křivky respektující diskontní sazby	26
Obr. 6. Závislost čisté současné hodnoty peněz na délce investice v Nošovicích	35
Obr. 7. Závislost čisté současné hodnoty peněz na délce investice v Albrechticích	39
Obr. 8. Závislost čisté současné hodnoty peněz na délce investice v Nošovicích při vyšší ceně za energii.....	41
Obr. 9. Závislost čisté současné hodnoty peněz na délce investice v Albrechticích při vyšší ceně za energii.....	43

Seznam tabulek

Tab. 1. Normativní požadavky pro hlídací osvětlení	10
Tab. 2. Normativní požadavky pro osvětlení komunikací	10
Tab. 3. Normativní požadavky pro provozní osvětlení.....	11
Tab. 4. Přehled příkonu svítidel hlídacího osvětlení v Nošovicích	14
Tab. 5. Přehled příkonu svítidel hlídacího osvětlení v Albrechticích.....	14
Tab. 6. Přehled příkonu svítidel osvětlení komunikací v Nošovicích.....	16
Tab. 7. Přehled příkonu svítidel osvětlení komunikací v Albrechticích	16
Tab. 8. Přehled příkonu svítidel provozního osvětlení v Nošovicích	19
Tab. 9. Přehled příkonu svítidel provozního osvětlení v Albrechticích	19
Tab. 10. Přehled příkonu svítidel stanovišť transformátorů v Nošovicích	20
Tab. 11. Přehled příkonu svítidel stanovišť transformátorů v Albrechticích.....	20
Tab. 12. Příпустné maximální hodnoty rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách	24
Tab. 13. Výpočet příkladu NPV	27
Tab. 14. Přehled provozních nákladů v Nošovicích	29
Tab. 15. Přehled provozních nákladů v Albrechticích	30
Tab. 16. Přehled provozních nákladů v Nošovicích za cenu elektřiny pro domácnost	31
Tab. 17. Přehled provozních nákladů v Albrechticích za cenu elektřiny pro domácnost.....	32
Tab. 18. Svítidla hlídacího osvětlení před nahrazením.....	33
Tab. 19. Svítidla hlídacího osvětlení po nahrazení	33
Tab. 20. Výpočet NPV pro Nošovice	34
Tab. 21. Svítidla hlídacího osvětlení před nahrazením.....	36
Tab. 22. Svítidla zbývajících osvětlení před nahrazením	36
Tab. 23. Svítidla hlídacího osvětlení po nahrazení	36
Tab. 24. Svítidla zbývajících osvětlení po nahrazení	37
Tab. 25. Výpočet NPV pro Albrechtice	38
Tab. 26. Výpočet NPV pro Nošovice při vyšší ceně za energii	40
Tab. 27. Výpočet NPV pro Albrechtice při vyšší ceně za energii	42
Tab. 28. Porovnání ročních provozních nákladů v elektrických stanicích při rozdílných sazbách za energii.....	44
Tab. 29. Porovnání NPV v elektrických stanicích při rozdílných sazbách za energii.....	44

Úvod

Světlo je neodmyslitelnou součástí našich životů, patří ke všem každodenním činnostem. Uměle osvětlovány jsou samozřejmě také transformovny, které provozuje společnost ČEPS, a. s.. Tato společnost zajišťuje provoz elektroenergetické přenosové soustavy v České republice. ČEPS se rozhodl investovat do rekonstrukce osvětlení elektrických stanic a cílem této bakalářské práce je vyhodnocení provozních a investičních nákladů u osvětlovacích soustav elektrické stanice.

Práce bude rozdělena do pěti kapitol, přičemž se budu první kapitolu věnovat normativním požadavkům pro osvětlování elektrických stanic.

Druhá kapitola se bude zabývat podrobnějším rozboru všech osvětlovacích soustav. Rozbor obsahuje jak samostatný popis různých osvětlovacích soustav, tak popis použitých svítidel, příkon soustavy v určitých elektrických stanicích a roční provozní dobu dané soustavy.

Ve třetí kapitole bude zpracováno ekonomické zhodnocení výnosnosti, která se v ČEPSu používá. Jedná se o Net Present Value, neboli čistá současná hodnota a bude zde uveden jednoduchý příklad výpočtu, který slouží pro snazší porozumění této metodice.

Čtvrtá kapitola bude věnována výpočtům výnosů investičních a provozních nákladů z materiálů ČEPS a porovnání při různých sazbách za elektrickou energii.

V poslední kapitole bude uvedeno závěrečné zhodnocení dosažených výsledků ze čtvrté kapitoly a zhodnocení, zdali byla investice výnosná a možnosti úspor.

1. Normativní požadavky na osvětlení elektrických stanic [1]

1.1. Hlídací osvětlení

Rozteče sloupů svítidel se volí 20 – 30 metrů od sebe s ohledem na rovnoměrnost osvětlení U_0 . S ohledem na tento požadavek se volí svítidla s širokou vyzařovací charakteristikou.

Tab. 1. Normativní požadavky pro hlídací osvětlení

Druh prostoru, úkonu nebo činnosti	\bar{E}_m [lx]	U_0 [-]	GR_L [-]	R_a [-]
Venkovní rozvodny	10	0,4	45	20

- **\bar{E}_m – Udržovaná osvětlenost** – je to hodnota osvětlenosti, která udává, pod kterou nesmí klesnout průměrná osvětlenost na dané rovině.
- **U_0 – Rovnoměrnost osvětlení** – udává poměr minimální osvětlenosti k maximální osvětlenosti povrchu.
- **GR_L – Mezní hodnota činitele oslnění** – je to hodnota, která udává maximální přímé oslnění svítidly venkovních osvětlovacích soustav.
- **R_a – Index podání barev** – číselně vyjadřuje shodu s podáním barev slunečního svitu, kdy R_a slunce = 100.

1.2. Osvětlení komunikací

Tab. 2. Normativní požadavky pro osvětlení komunikací

Druh prostoru, úkonu nebo činnosti	\bar{E}_m [lx]	U_0 [-]	GR_L [-]	R_a [-]
Komunikace vyhrazené pro pomalu jedoucí vozidla i chodce	10	0,4	50	20

- **\bar{E}_m – Udržovaná osvětlenost** – je to hodnota osvětlenosti, která udává, pod kterou nesmí klesnout průměrná osvětlenost na dané rovině.

- **U_0 – Rovnoměrnost osvětlení** – udává poměr minimální osvětlenosti k maximální osvětlenosti povrchu.
- **GR_L – Mezní hodnota činitele oslnění** – je to hodnota, která udává maximální přímé oslnění svítidel venkovních osvětlovacích soustav.
- **R_a – Index podání barev** – číselně vyjadřuje shodu s podáním barev slunečního svitu, kdy R_a slunce = 100.

Pro hlavní komunikace, tedy příjezdová komunikace od brány k CD, komunikace mezi CD a domky DO a stanovišť transformátorů a tlumivek je požadavek pro Udržované osvětlení $\bar{E}_m = 10$ lx. Pro všechny ostatní komunikace je požadavek pouze $\bar{E}_m = 5$ lx, nebo může být osvětlení řešeno pomocí provozního osvětlení.

Dle ČSN EN 13201-2 tab. máme 3 hodnoty pro osvětlení komunikace.

- Udržovaná osvětlenost $\bar{E}_m \geq 5$ lx.
- Minimální osvětlenost $\bar{E}_{min} \geq 1$ lx.
- Osvětlení komunikací u vstupní vjezdové brány. Před i za musí splňovat $\bar{E}_m \geq 50$ lx. Takhle vysoká hodnota udržované osvětlenosti je kvůli kamerové identifikaci projíždějících vozidel.

Dále se doporučuje, aby bylo osvětlení hlavní příjezdové brány ovládané pomocí pohybového čidla. Instaluje se samostatné LED svítidlo nebo světlomet s halogenovou žárovkou a samotný snímač pohybu. Toto osvětlení bude napájeno z rozvodů hlídacím osvětlení.

1.3. Provozní osvětlení

Tab. 3. Normativní požadavky pro provozní osvětlení

Druh prostoru, úkonu nebo činnosti	\bar{E}_m [lx]	U_0 [-]	GR_L [-]	R_a [-]
Pochůzkové trasy	5	0,25	50	20
Celková kontrola zařízení	50	0,4	50	20
Oprava elektrických zařízení	200	0,5	45	60

- **\bar{E}_m – Udržovaná osvětlenost** – je to hodnota osvětlenosti, která udává, pod kterou nesmí klesnout průměrná osvětlenost na dané rovině.
- **U_0 – Rovnoměrnost osvětlení** – udává poměr minimální osvětlenosti k maximální osvětlenosti povrchu.

- **GR_L – Mezní hodnota činitele oslnění** – je to hodnota, která udává maximální přímé oslnění svítidly venkovních osvětlovacích soustav.
- **R_a – Index podání barev** – číselně vyjadřuje shodu s podáním barev slunečního svitu, kdy R_a slunce = 100.

Požadavek na udržované osvětlení $\bar{E}_m = 50 \text{ lx}$ je nutné dodržet pouze v oblasti vypínačů, přístrojových transformátorů a na stanovišti transformátorů a tlumivek ZVN. Ve zbylých částech rozvodny není třeba tento požadavek dodržet, ale je stanoveno minimální požadované udržované osvětlení na $\bar{E}_m \geq 20 \text{ lx}$.

2. Osvětlovací soustavy elektrických stanic ČEPS

Osvětlovací soustavy se v elektrických stanicích ČEPS dělí na Venkovní osvětlení a Vnitřní osvětlení. Vychází to z vnitřní normy ČEPS TN/59/2016. Venkovní osvětlení se dále dělí, viz níže.

Venkovní osvětlení

Pro venkovní osvětlení ve stanicích přenosových soustav se používají 3 druhy, a to hlídací osvětlení, osvětlení komunikací a provozní osvětlení s případným přídavným osvětlením.

Provedení těchto osvětlení se musí řídit zásadami pro specifické osvětlení a dále také společnými zásadami. Při návrhu osvětlení se doporučuje využívat jednoho bodu umístění pro více druhů osvětlení.

Při dodržení požadavků dané touto normou budou nové návrhy osvětlení úspornější a budou mít zjednodušené ovládání. [1]

2.1. Hlídací osvětlení

Hlídací osvětlení je velice důležité pro správnou funkčnost kamerových systémů pro dálkový dozor ostrahy. Slouží k osvětlení celého obvodu elektrické stanice a instaluje se na venkovní oplocení transformovny. Dále se umísťuje na vchody do domků a centrálního domku, vjezdy a podél provozního oplocení, které odděluje cizí právní subjekty od ČEPS. Osvětlení se instaluje na stožáry podél plotu 2,5 až 4 m od plotu tak, aby osvětlovalo pás podél plotu. Osvětlovací soustavu je třeba napojit na požadavky bezpečnostních kamer, protože by jinak mohlo docházet při svítání a soumraku ke špatnému zpracování dat technickým systémem fyzické ochrany. Při návrhu tohoto osvětlení se volí rozteč sloupů 20 – 30 m, proto je dobré vybírat svítidla s širokou vyzařovací charakteristikou. [1]

Konkrétně v případě rozvodny R420 kV v TR Nošovice je 79 osvětlovacích bodů na stožárech o výšce 6 nebo 10 metrů, přičemž je 8 z nich je ve výšce 10 metrů. Na stožárech je 71 ks svítidel LED s příkonem 42 W a 8 ks svítidel LED s příkonem 84 W. Dále hlídací osvětlení obsahuje 1 halogenový světlomet s příkonem 1095 W, který osvětluje hlavní vstup do centrálního domku a je ovládán samostatně pohybovým čidlem a v případě potřeby je možné tento světlomet vypnout vypínačem v zádveří CD. A nakonec další halogenový světlomet s příkonem 1095 W, který osvětluje prostor vjezdové brány a je také ovládán samostatným pohybovým čidlem. Dohromady mají tedy svítidla hlídacího osvětlení instalovaný příkon 5 844 W.

U rozvodny R420 kV v TR Albrechtice se nachází 40 ks svítidel s příkonem 39 W, přičemž je 5 těchto svítidel současně použito také pro osvětlení komunikací. Dalších 5 ks LED svítidel taky se 39 W

je použito pro osvětlení komunikace k centrálním domkům. 3 ks 28W LED svítidel na 7m stožáru osvětluje centrální domek a 27W LED svítidlo na výložníku z budovy centrálního domku. Na výložníku z budovy domků sekundární techniky se pro jejich osvětlení používají 3 LED svítidla s příkonem 39 W.

Sklad je osvětlován jedním LED svítidlem, které má příkon 27 W. Pro osvětlení hlavní vjezdové brány se používají dvě svítidla LED 77 W. Nasvětlení prostoru vjezdové brány je provedeno pomocí jednoho 77W LED svítidla a jednoho 28W LED. Nakonec se na osvětlení prostoru vjezdové brány do ČEZ používá jedno LED svítidlo s příkonem 77 W. Všechna tato svítidla jsou ovládané zvlášť pohybovým senzorem.

U hlídacích osvětlení se předpokládá provozní doba stejná jako u klasického veřejného osvětlení, jsou za provozu celou noc, protože jsou ovládány soumrakovým čidlem a doba provozu činí 4100 hodin za rok. [2]

Tab. 4. Přehled příkonu svítidel hlídacích osvětlení v Nošovicích

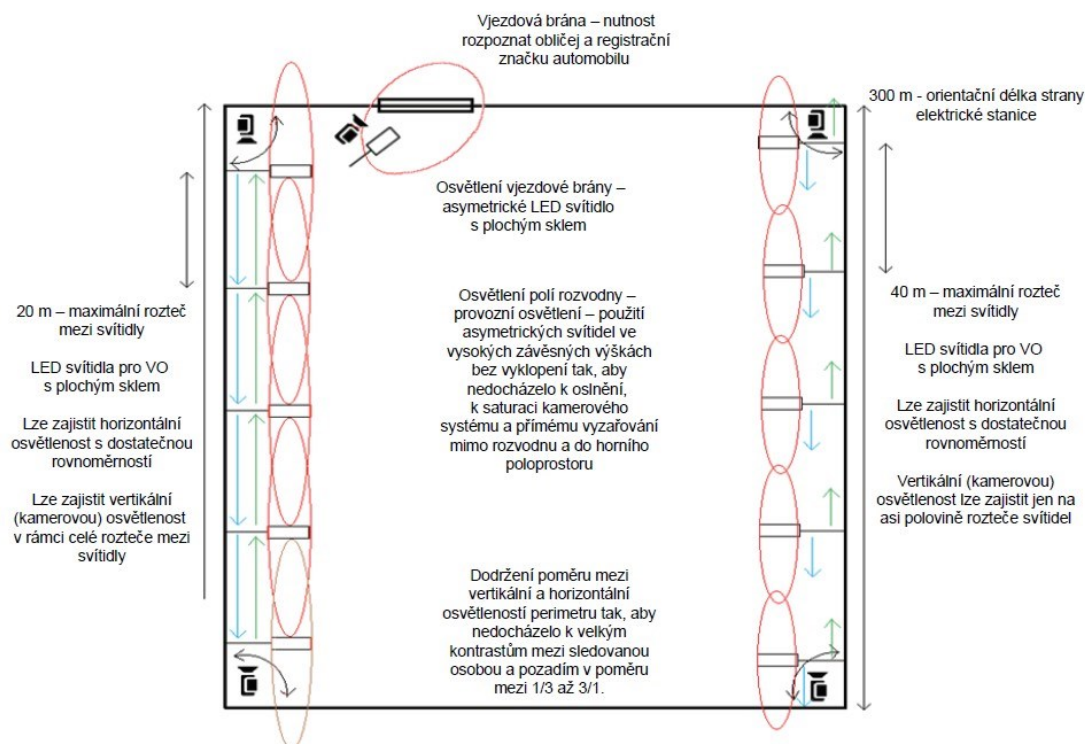
Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Svítidlo LED	71	42	2 982
Svítidlo LED	8	84	672
Halogenový světlomet	2	1 095	2 190
Celkem	81		5 844

Tab. 5. Přehled příkonu svítidel hlídacích osvětlení v Albrechticích

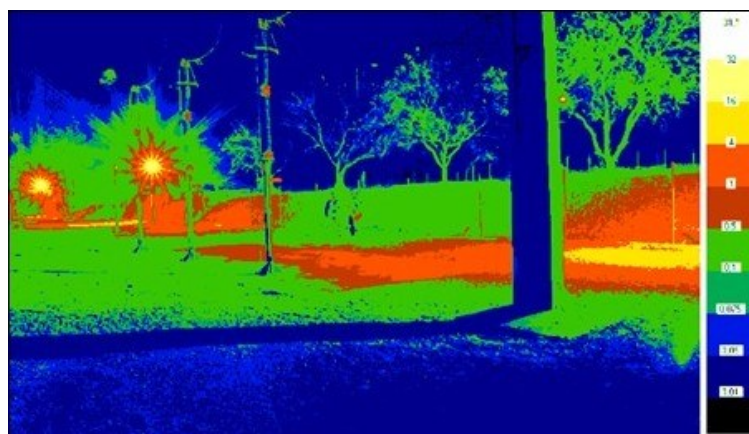
Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Svítidlo LED	48	39	1 872
Svítidlo LED	4	28	112
Svítidlo LED	2	27	54
Svítidlo LED	4	77	308
Celkem	58		2 346

2.1.1. Svítidla

Doporučeno je použití LED svítidel s vyzařovací charakteristikou pro osvětlování komunikací se stupněm krytí aspoň IP 65 a venkovním provedením. Svítidla se umísťují na dřívku ocelového, žárově zinkovaného stožáru, a to ve výšce minimálně 4 metrů nad terénem, ale doporučuje se výška 6 metrů. [1]



Obr. 1 Základní koncepce hlídacího osvětlení z pohledu kamerového osvětlení [3]



Obr. 2 Jasový snímek hlídacího osvětlení s vysokými jasy ve směru sledování kamery [3]

2.2. Osvětlení komunikací

Osvětlení komunikací se navrhuje tak, aby se zajistil bezpečný průjezd pracovníků kontroly. Toto osvětlení pracuje pouze v situacích běžné kontroly, různých opravách a revizích zařízení elektrické stanice. Z toho tedy vyplývá, že osvětlení pracuje pouze pár desítek hodin ročně. Využívá se k osvětlení komunikací, cest a chodníků venkovních prostorů transformoven. [1]

V Nošovicích je 26 ks výbojkových svítidel s příkonem 81 W na 6m stožáru a 1 výbojkové svítidlo s příkonem 166 W na 10m stožáru. Dále 4 ks výbojkových svítidel se 166 W osazené na stanovištích transformátorů (T401 a T402); 7 ks výbojkových svítidel s příkonem 459 W, které jsou součástí provozního osvětlení rozvodny. 8 ks výbojkových svítidel 166 W na 10m stožárech, přičemž jsou součástí hlídacího osvětlení. V poslední řadě 16 ks výbojkových svítidel s příkonem 677 W, která jsou součástí provozního osvětlení rozvodny. Příkon osvětlení komunikací je tedy 18,31 kW.

V Albrechticích je osvětlení komunikací provedeno pomocí 23 ks LED svítidel s příkonem 39 W na stožárech B7m, přičemž je zároveň 5 ks těchto svítidel použito také pro hlídací osvětlení. Vzhledem k 5 kusům svítidel, které jsem započítal již v celkovém příkonu hlídacího osvětlení, je u osvětlení komunikací započítáno pouze 18 svítidel do celkového příkonu, který činí 702 W.

Životnost výbojek v silničních svítidlech je 24 000 hodin a životnost výbojek v světlometech je 8 000 hodin. [2]

Tab. 6. Přehled příkonu svítidel osvětlení komunikací v Nošovicích

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Sodíková výbojka	26	81	2 106
Sodíková výbojka	13	166	2 158
Sodíková výbojka	7	459	3 213
Sodíková výbojka	16	677	10 836
Celkem	62		18 309

Tab. 7. Přehled příkonu svítidel osvětlení komunikací v Albrechticích

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Svítidlo LED	23	39	897
Celkem	18		702

Pozn. V tabulce jsem pro celkový výpočet uvedl pouze 18 svítidel, protože 5 z těch 23 svítidel se používá zároveň pro hlídací osvětlení a již jsem je započítal v celkovém příkonu hlídacího osvětlení v Albrechticích.

2.2.1. Svítidla

Pro osvětlení komunikací se doporučuje použití vysokotlakých sodíkových výbojek nebo LED svítidla s vyzařovací charakteristikou pro osvětlování komunikací. Opět se jedná o venkovní provedení svítidel se stupněm krytí aspoň IP 65. Svítidla se umísťují na vrcholky dříků ocelového, žárově zinkovaného stožáru v minimální výšce 4 metry nad komunikací. Na stěny objektů se svítidla připevňují pomocí výložníků 4 metry nad komunikací, ale zároveň nesmí jejich umístění překračovat horní okraj střechy. [1]

2.2.2. Popis vlastností svítidel hlídacího osvětlení a osvětlení komunikací

Tyto svítidla dokáží zajistit dostatečnou kamerovou složku osvětlení v oblasti snímané kamerami, ale také horizontální složku, která upozorní potenciální narušitele, že je oblast monitorována kamerovým systémem.

Jako optický kryt se používá ploché sklo, kvůli jeho vlastnostem minimalizace jasů z pohledu bezpečnostních kamer. Dále omezuje vyzařování přímého světelného toku do horního poloprostoru.

Kvůli snadné instalaci a údržbě osvětlovacích soustav se doporučuje beznástrojová montáž.

Díky snadné instalaci stožáru v areálu elektrických stanic se doporučuje uchycení svítidel na dřík, což je nosná, rovná část stožáru.

Jelikož svítidlo disponuje samočisticí schopností, nejsou tak velké nároky na jeho čištění. Je nutné brát ohled na samočisticí schopnosti svítidla v oblasti chladičů i v oblasti světelného toku.

Na osvětlení se používají teple bílé barvy světla typu LED. Tato barva má teplotu chromatičnosti 3000 K a volí se výhradně takové světla, které mají index podání barev $R_a > 70$, protože je kamerový systém citlivý na vyšší vlnové délky.

Světlo musí mít širokou vyzařovací charakteristiku, která zaručuje osvětlenost a rovnoměrnost podle normy ČEPS TN/59/2013 pro hlídací osvětlení pro rozteče svítidel od 15 metrů ze závěsné výšky 4 až 8 metrů.

Doporučuje se používat ochrany proti přepětí a nadměrné teplotě, které jsou umístěné už v předřadnicích svítidel. Tímto zvyšujeme spolehlivost provozu osvětlovací soustavy proti vnějším vlivům, kterými může být soustava ovlivňována.

Vzhledem k silnému elektromagnetickému poli, které se může v elektrických stanicích vyskytovat, se doporučuje třída izolace I.

Používá se stupeň krytí IP 65 a lepší. Takto vysoké krytí nám snižuje nároky na čištění vnitřních částí světel.

Pomocí stmívání lze ušetřit velkou část elektrické energie. Aplikaci stmívání lze provádět u nových osvětlovacích soustav, které se ale musí předimenzovávat kvůli udržovacího činitele. Následně je možno použití stmívání podle viditelnosti a podle citlivosti bezpečnostních kamer.

Ke krytí svítidel se využívá hliník, především z důvodů skvělé recyklovatelnosti a vysoké elektrické vodivosti. Následně se částečně potlačuje vliv elektromagnetických vlivů v kombinaci s třídou izolace I.

Pro vymezení spolehlivých výrobců je třeba mít záruku alespoň 5 let na celý výrobek, a to klidně i za příplatek. Dále je třeba, aby výrobce doložil aspoň 10 let vývoje LED svítidel, a taky doložení minimálně dvou realizací osvětlovacích soustav v ČR s podobným typem LED svítidel. [4]

2.3. Provozní osvětlení

Slouží k osvětlování technologických celků, budov a zařízení tak, aby se mohla provádět kontrola a oprava těchto zařízení. Když nastane nějaká nestandardní situace, např. údržba, kontrola, oprava atd., může být provozní osvětlení doplněno o přídavné mobilní osvětlovací zařízení, je-li potřeba provádět práci pod umělým osvětlením.

Pomocí provozního osvětlení se osvětlují tyto provozní skupiny:

- Prostor vypínačů a přístrojových vypínačů u transformátorů
- Prostor stanoviště transformátorů a tlumivek

Jednotlivé skupiny se ovládají samostatně pomocí místního ovládání z centrálního domku a z domku sekundární techniky. [1]

V provozním osvětlení pro TR Nošovice se používá 55 ks výbojkových svítidel s příkonem 677 W a 7 ks výbojkových svítidel s příkonem 459 W, což dělá dohromady 40,5 kW. Přičemž jsou všechny osazené na nosné ocelové konstrukce ve výšce 17 metrů.

V Albrechticích se pro provozní osvětlení rozvodny používá 34 ks svítidel LED s příkonem 533 W. Celkový příkon v rozvodně tohoto osvětlení je 18,1 kW. [2]

Tab. 8. Přehled příkonu svítidel provozního osvětlení v Nošovicích

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Sodíková výbojka	7	459	3 213
Sodíková výbojka	55	677	37 235

Celkem	62		40 448
--------	----	--	--------

Tab. 9. Přehled příkonu svítidel provozního osvětlení v Albrechticích

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Svítidlo LED	34	533	18 122

Celkem	34		18 122
--------	----	--	--------

2.3.1. Svítidla

Venkovní rozvodny

Nejvhodnější variantou je používat svítidla s asymetrickým reflektorem s vysokotlakou sodíkovou výbojkou. V polích se svítidla umísťují na stožáry 1,5 metrů vysoko nad montážními plošinami a umísťují se tak, aby nebyl přerušen provoz VVN a ZVN zařízení, při jejich případné obsluze či údržbě. Na osvětlení prostoru vypínačů a přístrojových transformátorů se používají svítidla s asymetrickým reflektorem, umísťují se na stožáry HOK a jsou nasměrovány na uvedené přístroje. Na stožárech HOK se umísťuje svítidlo 8,2 metrů vysoko nad terénem. [1]

Stanoviště transformátorů a tlumivek

Vytvoří jednu sekci, pokud jsou tyto stanoviště vedle sebe. Když přesáhne vzdálenost mezi stanovišti více než 60 metrů, potom se dělí do jednotlivých sekcí.

Používají se svítidla s asymetrickým reflektorem opatřené halogenidovou výbojkou nebo LED svítidla pro osvětlení.

Osvětlení stanovišť transformátorů T401 a T402 v Nošovicích je zajištěno 16 ks reflektorů s příkonem 459 W. To dá dohromady 7,34 kW.

V Albrechticích jsou tyto stanoviště transformátorů osvětleny 16 ks svítidel LED s příkonem 150 W. V této rozvodně je celkový příkon svítidel 2,4 kW. [2]

Tab. 10. Přehled příkonu svítidel stanovišť transformátorů v Nošovicích

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Halogenový reflektor	16	459	7 344

Celkem	16		7 344
--------	----	--	-------

Tab. 11. Přehled příkonu svítidel stanovišť transformátorů v Albrechticích

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Svítidlo LED	16	150	2 400

Celkem	16		2 400
--------	----	--	-------



Obr. 3. Provozní osvětlení rozvodny R 420 kV [6]

2.4. Přídavné osvětlení

Přídavné osvětlení se využívá pro detailní osvětlování jednotlivých přístrojů třeba při opravě využívají se v prostoru přípojniových odpojovačů a vypínačů. Pro napájení přídavného osvětlení a dalších přenosných elektrických zařízení se používají zásuvky instalované v zásuvkové skříni. V této zásuvkové skříni se obvykle nachází 4 zásuvky, přičemž 3 z nich jsou jednofázové 16A zásuvky a jedna z nich je 3-fázová 32A zásuvka. Všechny zásuvky jsou včetně jištění. Zásuvková skříň se napájí napětí III. Kategorie nezajištěné a proudový chránič je v napájecím rozvaděči. Naopak se vzhledem k speciálním provozním předpisům nedoporučuje napájet přídavná osvětlení pomocí zásuvek instalovaných ve skříních vypínačů nebo přípojniových odpojovačů. [1]

2.5. Osvětlení vstupů domků CD, DO a do ostatních objektů

Osvětlení těchto částí se provádí LED svítidly, případně halogenovou žárovkou a je součástí hlídacího osvětlení, to tedy znamená, že bude svítit v noci. Tato soustava je navržena tak, aby zajistila bezpečnou kontrolu vstupů do domků pomocí kamerového systému TSFO.

Dostatečné osvětlení u vstupů do domků CD, DO a do ostatních objektů je důležité pro identifikaci osob. Toto osvětlení je zajištěno halogenovými reflektory s příkonem 500 W. Jsou ovládány pohybovými čidly a zároveň slouží jako psychologické odpuzení nežádoucích návštěvníků. [2]



Obr. 4. Osvětlení vstupu domku sekundární techniky [5]

2.5.1. Popis vlastností svítidel osvětlení domků a vjezdu

Pro toto osvětlení se používají svítidla s asymetrickou vyzařovací charakteristikou, aby se zajistilo v okolí svítidla dostatečná horizontální i kamerová složka osvětlení. To zajistí kvalitu snímání bezpečnostních kamer.

Jako optický kryt je doporučeno ploché sklo kvůli minimalizaci jasů z pohledu bezpečnostních kamer a dále pro omezení vyzařování přímého světelného toku do horního poloprostoru.

Doporučuje se beznástrojová montáž pro snadnou instalaci a údržbu osvětlovacích soustav.

Dále se doporučuje uchycení na konzoli, která umožňuje natáčení svítidel a zároveň montáž na libovolné povrchy.

Pro omezení nároků na čištění svítidla se využívá samočisticí schopnost svítidla. Důležité je brát ohled na samočisticí schopnost svítidla v oblasti chladičů i v oblasti vyzařování světelného toku.

Z pravidla se vybírá světelný zdroj s náhradní teplotou chromatičnosti asi 3000 K, což je teple bílá barva, s indexem podání barev vyšším než 70, a to z důvodu citlivosti bezpečnostních kamer. Alternativou pro snížení ceny těchto osvětlovacích soustav mohou být svítidla osazena halogenovou žárovkou.

Z důvodu zvýšení spolehlivosti provozu v souvislosti vnějších vlivů jsou doporučeny ochrany proti přepětí a nadměrné teplotě, které jsou umístěny v předradnicích svítidel. Těmto vnějším vlivům mohou být osvětlovací soustavy vystavovány.

Pro omezení silného elektromagnetického pole se doporučuje využívat třídu izolace I.

Využívá se krytí svítidel alespoň IP 65, které omezuje nároky na čištění vnitřních částí svítidel.

Na kryt svítidel se využívá hliník, z důvodu jeho recyklovatelnosti, ale také vysoké elektrické vodivosti. V kombinaci s třídou izolace dochází k potlačení elektromagnetických vlivů.

Jelikož osvětlovací soustava pracuje pouze v kombinaci čidel reagující na přítomnost osob, není tedy nutné regulovat stmívání.

Je třeba zajistit záruku alespoň 5 let na celý výrobek včetně LED, klidně i za příplatek. Tato záruka by měla omezit výrobce, kteří nejsou přesvědčeni o svých výrobcích, že dokáží pracovat v náročných podmínkách.

Výrobce musí dále doložit minimálně 2 roky realizací veřejného osvětlení v ČR, kvůli ověření kvality. [4]

2.6. Osvětlení výškových bodů rozvoden

S ohledem na letecký provoz a jeho bezpečnost je někdy nutno osvětlit taky nejvyšší body rozvodny. Doporučuje se používat LED překážkové návěstidlo s nízkou svítivostí k označení těchto nejvyšších bodů. Osvětlení výškových bodů se napájí z napětí II. Kategorie, zajištěné samostatným jištěným obvodem. [1]

2.7. Vazba venkovního osvětlení na kamerový systém TSFO

Kamera funguje tak, že snímá jasy osvětlovaných objektů. Největšího jasu, a tedy nejlepšího osvětlení pro kameru je dosaženo tehdy, když světelný tok dopadá na osvětlovaný objekt ze směru pohledu kamery. Kamery, které se standardně používají, mají většinou citlivost pro barevné snímání $E = 0,4 \text{ lx}$ a pro černobílé snímání $E = 0,05 \text{ lx}$. Tohle jsou hodnoty, které udávají pouze osvětlenost na čipu kamery. Hodnoty udávané pro osvětlenost objektů jsou pro barevnou kameru $E = 15 \text{ lx}$ a pro černobílou kameru $E = 10 \text{ lx}$, přičemž musí být splněno, že je takto osvětlováno alespoň 70 % snímaného objektu. Z toho tedy vyplývá, že nejvhodnější umístění svítidel je v blízkosti kamer shora dolů ve směru snímání kamery.

Osvětlovací objekty se musí umístit do vyšší vertikální hladiny než kamery.

Pro místa snímání kamerovým systémem CCTV je nejlepší použít svítidla typu LED s plochým sklem, které neoslňují snímající kamery a mají okamžitý náběh. Dále se mohou použít sodíkové, případně halogenidové výbojky pro trvalé noční osvětlení. [1]

2.8. Dělení elektrických stanic do environmentálních zón

Jedná se o minimalizaci rušivého světla a stanice se rozdělují do čtyř zón E1 – E4 z hlediska životního prostředí. Jsou definovány:

- **E1** – Jedná se o oblast s velmi tmavým prostředím, do které se řadí chráněná území, parky a observatoře celonárodního a mezinárodního významu. V České republice máme pouze dvě významné observatoře, a to Ondřejov a Kleť.
- **E2** – Jedná se o oblast s nízkými jasy, kde se řadí venkovské obytné oblasti, průmyslové oblasti a observatoře, které slouží akademickým účelům.
- **E3** – Jedná se o oblasti se středně nízkými jasy, do této oblasti patří obytná a průmyslová předměstí a hvězdárny určené k amatérskému pozorování a vzdělávacím programům.

- **E4** – Oblasti s vysokými jasy, kam patří například centra měst, městské oblasti se zvýšenou noční aktivitou a obchodní zóny. Dále zde patří místa určené pro příležitostné pozorování noční oblohy. [1]

Tab. 12. Příпустné maximální hodnoty rušivého světla ve venkovních osvětlovacích soustavách

Zóna prostředí	Světlo na objektech		Svítivost svítidla		Světlo nahoru	Jas	
	E_v [lx]		I [cd]		ULR [%]	L_b [cd · m ⁻²]	L_s [cd · m ⁻²]
	Mimo noční klid	V době nočního klidu	Mimo noční klid	V době nočního klidu		Fasády budov	Značky
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	15	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000
V případě, kdy se neuplatňuje noční omezení, větší hodnoty se nesmí překročit a menším se dává přednost.							

- **E_v** – Nejvyšší hodnota vertikální osvětlenosti na objektech v luxech.
- **I** – Svítivost každého světelného zdroje v potenciálně rušivém směru.
- **ULR** – Podíl světelného toku svítidla vyzařovaného nad horizont v jeho pracovní poloze a umístění.
- **L_b** – Nejvyšší průměrný jas fasády.
- **L_s** – Nejvyšší průměrný jas značek.

3. Výpočetní metodika investičních nákladů

ČEPS, a.s. používá pro hodnocení investičních nákladů výpočetní metodiku Net Present Value.

3.1. Net Present Value

Pro výpočet provozních a investičních nákladů osvětlovacích soustav elektrické stanice se použije kritérium pro hodnocení výnosnosti metodu Net Present Value, neboli čistá současná hodnota. Tato metoda zohledňuje faktor času, což jedna z hlavních výhod. Je to rozdíl současné hodnoty peněžních toků a současné hodnoty peněžních odtoků. Tato metoda se používá pro hodnocení kapitálových projektů a finančních produktů, jako jsou půjčky investice atd. [7]

Čistá současná hodnota se vypočítá dle vzorce:

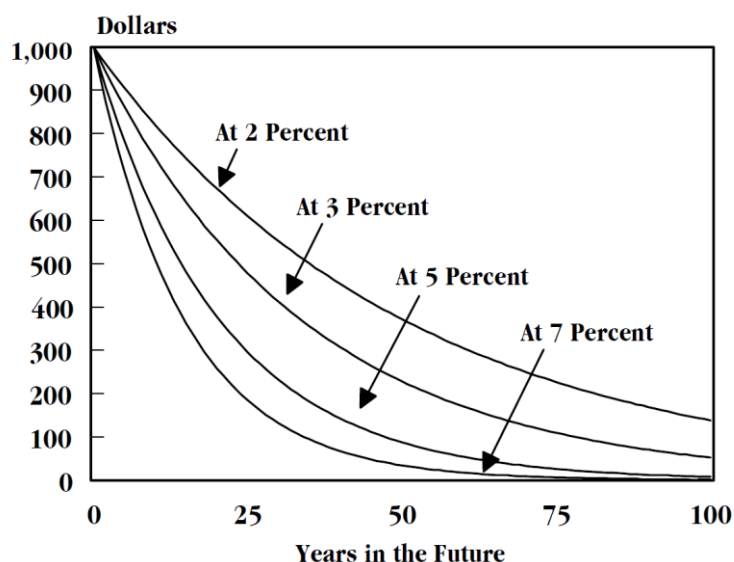
$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+i)^t}$$

- **NPV** – Net Present Value.
- **R_t** – Čistý tok nebo odtok hotovosti během jednoho období.
- **i** – Diskontní sazba či návratnost, kterou lze získat v alternativních investicích.
- **t** – Počet časových období. [7]

Pokud se nachází čistá současná hodnota v kladných číslech, předpokládá se, že bude projekt či investice zisková a pokud bude v záporných číslech, očekává se ztráta. Jestli je NPV rovna nule, předpokládá se, že investice nebude mít pro firmu zisk ani ztrátu. Kromě vzorce existují pro výpočet také samotné kalkulačky nebo tabulky.

Kvůli inflaci a ziskům z alternativních investic nemají peníze vydělané v současnosti stejnou hodnotu, jako peníze, které se vydělají v budoucnu. Proto se zavádí tzv. diskontní sazba. Firma si zvolí diskontní sazbu podle očekávaného výnosu jiných projektů s podobnou mírou rizika. Důležité je, aby procentuální návratnost daného projektu byla vyšší, než je jeho financování.

Časová hodnota peněz je široce přijímána hypotéza, která říká, že je lepší obdržet částku peněz dnes než stejnou částku obdržet v budoucnu. Tento faktor je třeba zohledňovat. To je taky důvod, proč existují úroky, ty kompenzují věřiteli jejich ztrátu na hodnotě. Investoři jsou ochotni vzdát se svých peněz, pokud investice splňuje požadovanou míru návratnosti, pokud je tedy v budoucnu hodnota peněz o tolik vyšší, aby vykompenzovala jejich inflaci. [8]



Obr. 5 Křivky respektující diskontní sazby [9]

Graf ukazuje, jak se s léty mění hodnota peněz při různých diskontních sazbách 2; 3; 5 a 7 %, přičemž výchozí hodnota byla 1000 dolarů. Diskontování je mechanismus, díky kterému má dlužník právo odložit platbu na pozdější datum. Za tento odklad ovšem zaplatí poplatek, který pokryje věřiteli ztrátu peněz na hodnotě. Tento poplatek je založen na tom, že většina lidí upřednostňuje platbu v současnosti. [9]

Běžným úskalím čisté současné hodnoty je to, když se v průběhu projektu stane R_t negativním, v této fázi projektu dluží společnost peníze a vysoká diskontní sazba je hodně optimistická. Tomuto problému se lze vyhnout zavedením výslovného ustanovení o financování jakýchkoliv ztrát po počáteční investici, tedy výslovně vypočítat náklady na financování těchto ztrát.

Další nepříjemností může být, když se přidává prémie k diskontní sazbě. To se může stát, když si banka účtuje vyšší úrokovou sazbu u rizikovějších projektů, zvyšuje tedy diskontní sazbu. Když dojde ke ztrátám, potom diskontní sazba snižuje účinek těchto ztrát pod jejich skutečné finanční náklady. Vyžaduje se důsledný přístup k rizikům a identifikaci a ocenění rizik pomocí matematických technik. [8]

3.2. Příklad výpočtu Net Present Value

V příkladu výpočtu se bude počítat s počáteční investicí 100 000 Kč za zakoupený stroj. Díky stroji se ušetří 20 000 Kč ročně, ale je třeba odečíst náklady na údržbu, které činí 5 000 Kč. Stroj tedy ročně ušetří 15 000 Kč bez započítání inflace. Vzhledem k inflaci a možným ziskům z alternativní investice se bude počítat s diskontní sazbou 10 % a stroj bude v chodu po dobu 10 let.

Tab. 13. Výpočet příkladu NPV

Rok	Výpočet [Kč]
0	-100 000
1	13 636,36
2	12 396,69
3	11 269,72
4	10 245,2
5	9 313,82
6	8 467,109
7	7 697,372
8	6 997,611
9	6 361,464
10	5 783,149

-7 831,49 Kč

Ačkoliv se tato investice může zdát zdánlivě výnosná, protože stroj vydělá za 10 let 150 000 Kč, tak po vypočtení čisté současné hodnoty tomu tak není. Z tabulky je vidět, že s časem peníze ztrácí na hodnotě a po deseti letech je z 15 000 Kč pouze 5 783,15 Kč. Výsledek je tedy záporný a to znamená, že bude tato investice pro investora velice pravděpodobně ztrátová. Je důležité zmínit, že se v tomto příkladu počítá s tím, že je stroj po 10 letech již po své životnosti a není možné jej prodat. V jiných případech lze připočítat také zisk z prodeje stroje po výnosném období a může to změnit výsledek výnosnosti investice.

4. Výpočet provozních a investičních nákladů elektrické stanice

4.1. Výpočet provozních nákladů v Nošovicích

Nejprve je třeba si určit náklady na spotřebu osvětlovacích soustav elektrické stanice. Cena za energii elektrické stanice ČEPS je cca 50 % tarifu veřejného osvětlení. Výpočty budou uvedeny s cenou 1 Kč za spotřebovanou kWh. Provozní doba hlídacího osvětlení je 4100 hodin za rok. Provozní doba všech ostatních osvětlovacích soustav je 24 hodin za rok.

V rozvodně v Nošovicích má hlídací osvětlení příkon 5 844 W, ale 1000W halogenové světlomety jsou provozovány samostatným pohybovým čidlem a nesvíí tedy tak dlouho, takže nemůžou být započteny do hlídacího osvětlení, ale započítají se do ostatních osvětlovacích soustav. Výsledný příkon pro výpočet je tedy 3 654 W. Příkon zbylých osvětlovacích soustav při započítání dvou halogenových světlometů činí 68 291 W.

Výpočet spotřeby rozvodny:

Spotřeba hlídacího osvětlení:

$$E_1 = P \cdot t = 3\,654 \cdot 4\,100 = 14\,981\,400 \text{ W} = 14\,981,4 \text{ kWh}$$

Spotřeba všech ostatních osvětlení:

$$E_2 = P \cdot t = 68\,291 \cdot 24 = 1\,638\,984 \text{ W} = 1\,638,98 \text{ kWh}$$

Výpočet ceny za energii:

$$Cena_1 = (E_1 + E_2) \cdot 1 = (14\,981,4 + 1\,638,98) \cdot 1 = 16\,620,38 \text{ Kč}$$

Dále je potřeba připočíst k nákladům na energii provozní náklady na údržbu, revize a případně připočítat náklady za koupi nových světelných zdrojů po své životnosti.

V Nošovicích jsou náklady na běžnou kontrolu a údržbu osvětlení včetně zajištění jejich funkčnosti 25 110 Kč za rok, přičemž v této částce nejsou zahrnuty výdaje za nové světelné zdroje. Revize osvětlení se provádí jednou za čtyři roky a náklady na revizi včetně revizní zprávy jsou 12 670 Kč. Aby se mohly vypočítat roční náklady, rozpočítají se náklady na revizi do čtyř let. Dále je třeba započítat

náklady nad rámec smlouvy, které zahrnují mimořádné opravy, nové díly a světelné zdroje. Pro započítání těchto nákladů není k dispozici přesná suma, proto se určí průměrem. Součet mimořádných nákladů v sedmi různých rozvodnách byl v roce 2019 53 450 Kč a v roce 2020 byly náklady 35 549 Kč. Průměrné roční mimořádné náklady jsou 44 500 Kč a při rozdělení na jednotlivé elektrické stanice vychází na 6 357 Kč. Tato částka je hodně orientační, ale je třeba ji zahrnout. [2]

Součet všech provozních nákladů za rok:

$$n = \text{Cena}_1 + 25\,110 + \frac{12\,670}{4} + 6\,357 = 16\,620,38 + 25\,110 + 3\,167,5 + 6\,357 = 50\,621,38 \text{ Kč}$$

Tab. 14. Přehled provozních nákladů v Nošovicích

Typ nákladu	Cena [Kč]
Energie	16 620,38
Kontrola a údržba	25 110
Revize	3 167,5
Mimořádné náklady	6 357
Celkem	50 621,38

4.2. Výpočet provozních nákladů v Albrechticích

V Albrechticích je hlídacím osvětlení s příkonem pouze 2 346 W. Příkon všech ostatních osvětlovacích soustav je 21 224 W.

Výpočet spotřeby rozvodny:

Spotřeba hlídacím osvětlení:

$$E_1 = P \cdot t = 2\,346 \cdot 4\,100 = 9\,618\,600 \text{ W} = 9\,618,6 \text{ kWh}$$

Spotřeba všech ostatních osvětlení:

$$E_2 = P \cdot t = 21\,224 \cdot 24 = 509\,376 \text{ W} = 509,38 \text{ kWh}$$

Výpočet ceny za energie:

$$Cena_2 = (E_1 + E_2) \cdot 1 = (9\,618,6 + 509,38) \cdot 1 = 10\,127,98 \text{ Kč}$$

V Albrechticích jsou náklady na kontrolu a údržbu osvětlení o něco vyšší a částka činí 26 540 Kč na rok. Náklady na revizi jsou v této rozvodně 13 020 Kč a opět je potřeba částku rozpočítat. Mimořádné náklady na opravy a nové díly budou stejné jako v předchozí rozvodně, tedy 6 357 Kč. [2]

Součet všech provozních nákladů za rok:

$$n = Cena_2 + 26\,540 + \frac{13\,020}{4} + 6\,357 = 10\,127,98 + 26\,540 + 3\,255 + 6\,357 = 46\,279,98 \text{ Kč}$$

Tab. 15. Přehled provozních nákladů v Albrechticích

Typ nákladu	Cena [Kč]
Energie	10 127,98
Kontrola a údržba	26 540
Revize	3 255
Mimořádné náklady	6 357
Celkem	46 279,98

4.3. Výpočet provozních nákladů v Nošovicích za cenu elektřiny pro domácnost

Pro lepší srovnání zde budou uvedeny výpočty provozních nákladů za cenu elektřiny pro běžnou domácnost, která se v roce 2021 pohybuje od 4,5 Kč do 5 Kč za 1 kWh. Bude se tedy počítat s cenou 5 Kč za spotřebovanou 1 kWh.

Výpočet ceny za energie:

$$Cena_3 = (E_1 + E_2) \cdot 5 = (14\,981,4 + 1\,638,98) \cdot 5 = 83\,101,9 \text{ Kč}$$

Součet všech provozních nákladů za rok:

$$n = Cena_3 + 25\,110 + \frac{12\,670}{4} + 6\,357 = 83\,101,9 + 25\,110 + 3\,167,5 + 6\,357 = 117\,736,4 \text{ Kč}$$

Všechny ostatní výpočty jsou stejné jako v kapitole 4.1.

Tab. 16. Přehled provozních nákladů v Nošovicích za cenu elektřiny pro domácnost

Typ nákladu	Cena [Kč]
Energie	83 101,9
Kontrola a údržba	25 110
Revize	3 167,5
Mimořádné náklady	6 357
Celkem	117 736,4

4.4. Výpočet provozních nákladů v Albrechticích za cenu elektřiny pro domácnost

Opět zde budou uvedeny výpočty s cenou 5 Kč za spotřebovanou kWh. Níže bude uveden výpočet ceny za energie a všechny ostatní výpočty jsou stejné jako v kapitole 4.2.

Výpočet ceny za energie:

$$Cena_4 = (E_1 + E_2) \cdot 5 = (9\,618,6 + 509,38) \cdot 5 = 50\,639,9 \text{ Kč}$$

Součet všech provozních nákladů za rok:

$$n = Cena_2 + 26\,540 + \frac{13\,020}{4} + 6\,357 = 50\,639,9 + 26\,540 + 3\,255 + 6\,357 = 86\,791,9 \text{ Kč}$$

Tab. 17. Přehled provozních nákladů v Albrechticích za cenu elektřiny pro domácnost

Typ nákladu	Cena [Kč]
Energie	50 639,9
Kontrola a údržba	26 540
Revize	3 255
Mimořádné náklady	6 357
Celkem	86 791,9

4.5. Výpočet investičních nákladů v Nošovicích

Při výpočtu Net Present Value, pro určení zhodnocení investice do nových osvětlovacích soustav, je potřeba určit roční zhodnocení této investice, tedy to, co ČEPS ročně ušetří díky této investici. K dispozici jsou pouze materiály už po rekonstrukci elektrické stanice, a proto se roční zhodnocení vypočítá tak, že se nahradí nové LED svítidla za vysokotlaké sodíkové výbojky s dvojnásobným příkonem.

V Nošovicích je u hlídacého osvětlení 71 ks LED svítidel s příkonem 42 W a nahradí se za vysokotlaké sodíkové výbojky s příkonem 81 W. Dále hlídací osvětlení disponuje 8 kusy LED svítidel s příkonem 84 W, které jsou nahrazeny za vysokotlaké sodíkové výbojky s příkonem 166 W.

Ve zbývajících osvětlovacích soustav se již nenacházejí další LED svítidla a rozdíl bude tedy dělat pouze hlídací osvětlení.

Tab. 18. Svítidla hlídacého osvětlení před nahrazením

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Svítidlo LED	71	42	2 982
Svítidlo LED	8	84	672

Celkem	81		3 654
--------	----	--	-------

Tab. 19. Svítidla hlídacého osvětlení po nahrazení

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Sodíková výbojka	71	81	5 751
Sodíková výbojka	8	166	1 328

Celkem	81		7 079
--------	----	--	-------

Rozdíl v příkonu tedy činí 3 425 W. Z rozdílu se vypočítá roční spotřeba a následně cena za energie.

$$E = 3\,425 \cdot 4100 = 14\,042\,500 \text{ Wh} = 14\,042,5 \text{ kWh}$$

$$\text{Roční výnosnost} = E_R \cdot 1 = 14\,042,5 \cdot 1 = 14\,042,5 \text{ Kč}$$

Investice do nového osvětlení v Nošovicích má roční výnosnost 14 042,5 Kč. Tato hodnota reprezentuje „R_t“ ve vzorci pro výpočet Net Present Value. Pro diskontní sazbu se zvolí koeficient 0,07 tedy 7 %, vzhledem k inflaci. Celková investice do nových osvětlovacích soustav včetně DPH je 13 832 609,1 Kč. Období pro zhodnocení investice bude 20 let, což je udávaná životnost osvětlovací soustavy. [2]

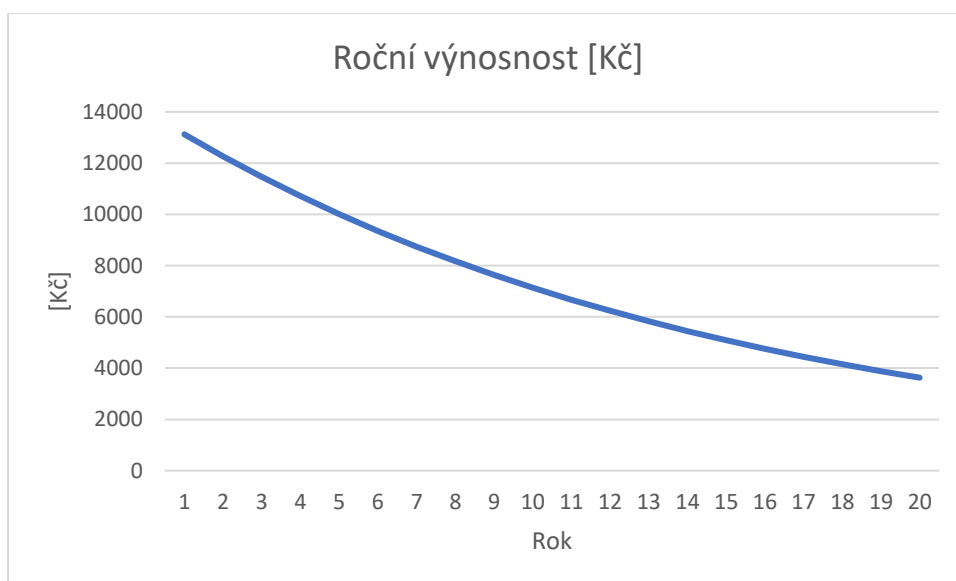
Ukázka výpočtu:

$$NPV_1 = \frac{R_t}{(1+i)^t} = \frac{14\,042,5}{(1+0,07)^1} = 13\,123,83 \text{ Kč}$$

Tab. 20. Výpočet NPV pro Nošovice

Rok	Výpočet [Kč]
0	-13 832 609
1	13 123,83
2	12 265,26
3	11 462,86
4	10 712,96
5	10 012,11
6	9 357,11
7	8 744,96
8	8 172,86
9	7 638,19
10	7 138,49
11	6 671,49
12	6 235,04
13	5 827,14
14	5 445,92
15	5 089,65
16	4 756,68
17	4 445,49
18	4 154,67
19	3 882,87
20	3 628,85
-13 683 843 Kč	

Z tabulky je patrné, že NPV vychází záporně, to tedy znamená, že investice není výnosná. Z investice se vrátí za celých 20 let pouze 148 788,45 Kč.



Obr. 6. Závislost čisté současné hodnoty peněz na délce investice v Nošovicích

4.6. Výpočet investičních nákladů v Albrechticích

Zde je opět potřeba si určit, kolik ročně ČEPS ušetří na spotřebě v této elektrické stanici. V Albrechticích je hlídací osvětlení kompletně sestaveno z LED svítidel, které se nahradí vysokotlakými sodíkovými výbojkami. Je zde 48 LED svítidel s příkonem 39 W, které se nahradí za výbojky s příkonem 81 W. Dále 4 LED svítidla s příkonem 28 W a 2 LED svítidla s příkonem 27 W. Všechny budou nahrazeny za stejné vysokotlaké sodíkové výbojky s příkonem 81 W. Poslední 4 LED svítidla z hlídacího osvětlení jsou s příkonem 77 W, které se nahradí za výbojky s příkonem 166 W.

Osvětlení komunikací má 18 kusů LED svítidel s příkonem 39 W, které jsou nahrazeny vysokotlakými sodíkovými výbojkami s příkonem 81 W. Provozní osvětlení je sestaveno z 34 kusů LED svítidel s příkonem 533 W. Tyto svítidla se nahradí výbojkami s příkonem 1 095 W. Nakonec 16 LED svítidel, které osvětlují stanoviště transformátorů s příkonem 150 W budou nahrazeny výbojkami s příkonem 277 W.

Tab. 21. Svítidla hlídacího osvětlení před nahrazením

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Svítidlo LED	48	39	1 872
Svítidlo LED	4	28	112
Svítidlo LED	2	27	54
Svítidlo LED	4	77	308

Celkem	58		2 346
--------	----	--	-------

Tab. 22. Svítidla zbývajících osvětlení před nahrazením

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Svítidlo LED	18	39	702
Svítidlo LED	34	533	18 122
Svítidlo LED	16	150	2 400

Celkem	68		21 224
--------	----	--	--------

Následují tabulky s náhradními svítlidly.

Tab. 23. Svítidla hlídacího osvětlení po nahrazení

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Sodíková výbojka	54	81	4 374
Sodíková výbojka	4	166	664

Celkem	58		5 038
--------	----	--	-------

Tab. 24. Svítidla zbývajících osvětlení po nahrazení

Typ svítidla	Počet kusů	Příkon svítidla [W]	Celkový příkon [W]
Sodíková výbojka	18	81	1 458
Sodíková výbojka	34	1 095	37 230
Sodíková výbojka	16	277	4 432
Celkem	68		43 120

Rozdíl příkonu hlídacího osvětlení:

$$\Delta P_1 = 5\,038 - 2\,346 = 2\,692\text{ W}$$

Rozdíl příkonu ostatních osvětlení:

$$\Delta P_2 = 43\,120 - 21\,224 = 21\,896\text{ W}$$

Výpočet spotřeby:

$$E = \Delta P_1 \cdot 4100 + \Delta P_2 \cdot 24 = 2\,692 \cdot 4100 + 21\,896 \cdot 24 = 11\,562\,704\text{ Wh} = 11\,562,7\text{ kWh}$$

Cena za energie:

$$\text{Roční výnosnost} = E \cdot 1 = 11\,562,7 \cdot 1 = 11\,562,7\text{ Kč}$$

Roční výnosnost je „R_t“ a bude se počítat s dvacetiletou výnosností investice. Celkové náklady na nové osvětlovací soustavy v Albrechticích činí 11 876 466,9 Kč včetně DPH. Diskontní sazba se volí stejná jako v předchozí elektrické stanici, tedy 7 %. [2]

Příklad výpočtu:

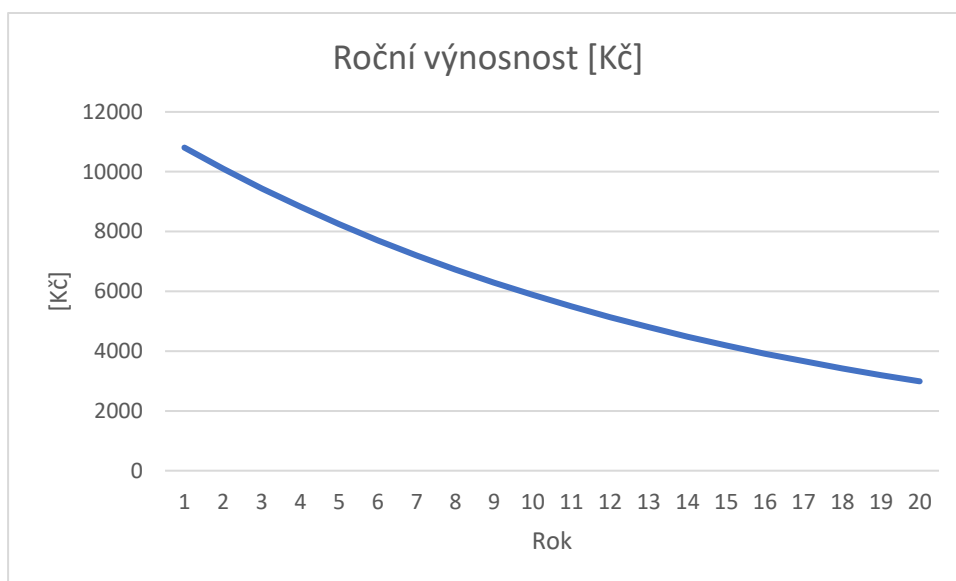
$$NPV_3 = \frac{R_t}{(1+i)^t} = \frac{11\,562,7}{(1+0,07)^3} = 9\,438,61 \text{ Kč}$$

Tab. 25. Výpočet NPV pro Albrechtice

Rok	Výpočet [Kč]
0	-11 876 467
1	10 806,2617
2	10 099,31
3	9 438,60746
4	8 821,12847
5	8 244,045
6	7 704,71523
7	7 200,66844
8	6 729,59667
9	6 289,34269
10	5 877,89036
11	5 493,35548
12	5 133,97708
13	4 798,10942
14	4 484,21441
15	4 190,85459
16	3 916,68653
17	3 660,4547
18	3 420,98571
19	3 197,1829
20	2 988,0214

-11 753 971 Kč

NPV i této elektrické stanice je v záporných číslech a investice tedy není výnosná. Celkové zhodnocení za 20 let výnosu je pouze 122 495,41 Kč.



Obr. 7. Závislost čisté současné hodnoty peněz na délce investice v Albrechticích

4.7. Výpočet investičních nákladů v Nošovicích za cenu elektřiny pro domácnost

Pro lepší srovnání mezi náklady na elektrickou energii ČEPSu a klasické domácnosti zde budou uvedeny výpočty výnosu investice do nových osvětlovacích soustav při ceně 5 Kč za 1 kWh.

Výpočty rozdílů příkonů mezi novým a náhradním osvětlením a spotřeby bude stejná jako v kapitole 4.5.

Cena za rozdíl energie:

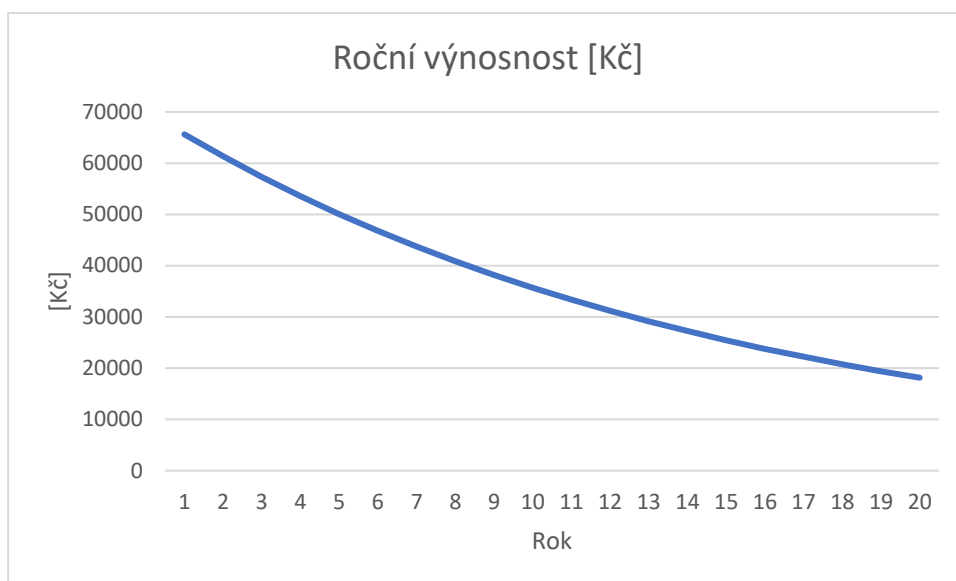
$$\text{Roční výnosnost} = E_R \cdot 5 = 14\,042,5 \cdot 5 = 70\,212,5 \text{ Kč}$$

Výnosnost tedy činí 70 212,5 Kč za rok za předpokladu ceny 5 Kč za 1 spotřebovanou kWh.

Tab. 26. Výpočet NPV pro Nošovice při vyšší ceně za energii

Rok	Výpočet [Kč]
0	-13832609,1
1	65619,16
2	61326,32
3	57314,31
4	53564,78
5	50060,54
6	46785,55
7	43724,82
8	40864,31
9	38190,95
10	35692,47
11	33357,45
12	31175,19
13	29135,69
14	27229,62
15	25448,24
16	23783,40
17	22227,48
18	20773,35
19	19414,34
20	18144,24
-13 088 777 Kč	

I přes výpočet s vyšší cenou za elektrickou energii, než kterou platí ČEPS, vyšlo NPV záporně a investice tedy není výnosná. Investice vydělá 743 832,23 Kč za 20 let.



Obr. 8. Závislost čisté současné hodnoty peněz na délce investice v Nošovicích při vyšší ceně za energii

4.8. Výpočet investičních nákladů v Albrechticích za cenu elektřiny pro domácnost

Zde bude opět uvedený výpočet NPV v Albrechticích při ceně 5 Kč za 1 kWh. Výpočty rozdílů spotřeby nových a nahrazených svítidel je stejný, jako v kapitole 4.6.

Cena za rozdíl energie:

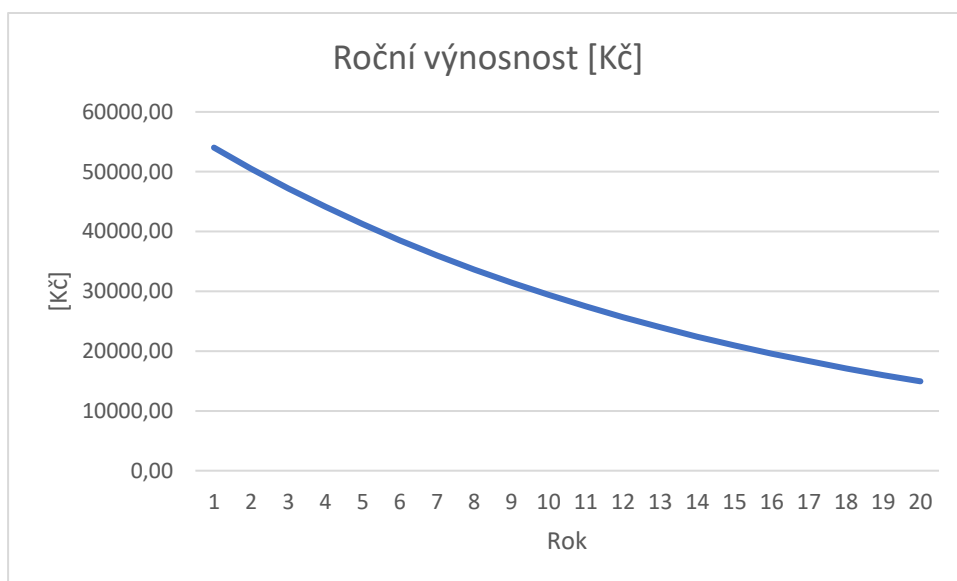
$$\text{Roční výnosnost} = E \cdot 5 = 11\,562,7 \cdot 5 = 57\,813,5 \text{ Kč}$$

Tab. 27. Výpočet NPV pro Albrechtice při vyšší ceně za energii

Rok	Výpočet [Kč]
0	-11876467
1	54031,31
2	50496,55
3	47193,04
4	44105,64
5	41220,23
6	38523,58
7	36003,34
8	33647,98
9	31446,71
10	29389,45
11	27466,78
12	25669,89
13	23990,55
14	22421,07
15	20954,27
16	19583,43
17	18302,27
18	17104,93
19	15985,91
20	14940,11

-11 278 930 Kč

I přes vyšší cenu za spotřebovanou kWh vyšla NPV záporně. Investice vydělá 612 477,04 Kč a není výnosná.



Obr. 9. Závislost čisté současné hodnoty peněz na délce investice v Albrechticích při vyšší ceně za energii

5. Závěr

Co se týče provozních nákladů v elektrických stanicích ČEPS, tak největší podíl má položka na kontrolu a údržbu osvětlení. Nedílnou součástí je také cena za energie, kdežto revize a mimořádné náklady jsou po rozpočtu na jednotlivé roky minoritní položky. V obou stanicích se pohybují provozní náklady okolo 50 000 Kč za rok. Vzhledem k samočisticím schopnostem svítidel není moc možností omezení nákladů za údržbu. V elektrické stanici v Albrechticích je veškeré osvětlení realizováno pomocí svítidel LED, takže na nákladech za energie také není kde ušetřit. Naopak v Nošovicích je i přes rekonstrukci mnoho vysokotlakých sodíkových výbojek. Při nahrazení za LED svítidla s polovičním příkonem by se v této stanici dalo ušetřit.

Z výpočtu provozních nákladů za vyšší sazbu za energie si lze všimnout, že se náklady vyšplhaly na dvojnásobek. Je tedy zjevné, že snížená sazba za energie je pro ČEPS velice důležitá.

Tab. 28. Porovnání ročních provozních nákladů v elektrických stanicích při rozdílných sazbách za energie

Elektrická stanice	Provozní náklady při 1 Kč za 1 kWh	Provozní náklady při 5 Kč za 1 kWh
Nošovice	50 621,38 Kč	117 736,4 Kč
Albrechtice	46 279,98 Kč	86 791,9 Kč

Při výpočtech čisté současné hodnoty jsem došel k závěru, že investice ve stanicích není výnosná, a to ani při přepočtu NPV při vyšší sazbě za energie. Investice sice výnosné nejsou, ale rekonstrukce musela proběhnout z důvodu nedostatečného osvětlení z pohledu hlídacího kamerového systému. Z výpočtů je vidět, že výnos investice roste přímo úměrně se sazbou za energie. Při pětinasobném zvýšení sazby se také pětinasobně zvýší finanční tok.

Tab. 29. Porovnání NPV v elektrických stanicích při rozdílných sazbách za energii

Elektrická stanice	NPV při 1 Kč za 1 kWh	NPV při 5 Kč za 1 kWh
Nošovice	-13 683 843 Kč	-13 088 777 Kč
Albrechtice	-11 753 971 Kč	-11 278 930 Kč

Z kapitoly 4.5. si zle všimnout, že rozdíl mezi příkonem starého a nového hlídacího osvětlení v Nošovicích činí 3 425 W, což je úspora téměř 50 % z původního příkonu 7 079 W. Roční rozdíl ve spotřebě činí 14 042,5 kWh a při ceně ČEPSu za elektrickou energii 1 Kč za 1 kWh se ušetří 14 042,5 Kč.

V Albrechticích (4.6.) klesl příkon hlídacího osvětlení na 46,5 % z původní hodnoty. Rozdíl v příkonu je 2 692 W. Rozdíl příkonu zbývajících osvětlení je 21 896 W. Hlídací osvětlení zde tvoří nejrelevantnější položku, protože je provozní doba 4 100 hodin za rok. I přes snížený příkon ve zbylých osvětlovacích soustavách o 22 kW, činí rozdíl ve spotřebě 11 562,7 kWh a ušetří se tedy pouze 11 562,7 Kč, protože rozdíl příkonu hlídacího osvětlení nebyl tak velký jako v předchozí elektrické stanici.

Použitá literatura

- [1] TN 59. Venkovní a vnitřní osvětlení v objektech elektrických stanic PS – Technická norma ČEPS 06/2010. Aktualizace 05/2016.
- [2] Materiály ČEPS
- [3] Hlídací osvětlení elektrických stanic ČEPS. In: *FFC Public: Časopis Světlo* [online]. Praha: Ivo ULLMAN a TOM, 2020 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/hlidaci-osvetleni-elektrickych-panic-ceps--5337>
- [4] Příručka elektrotechnika. Barbara Helstynova, 2015.
- [5] NOVÁK, Tomáš a kol. *Světelnětechnický projekt TR Slavětice*. 2020.
- [6] ULLMAN, Ivo. Modernizace venkovního osvětlení transformovny Přeštice – ČEPS, a.s. *Světelná technika*. 2016, , 53. Dostupné také z: http://www.elektroatrh.cz/pdf/modernizace_venkovniho_osvetleni_transformovny_prestice_ceps.pdf
- [7] FERNANDO, Jason, MANSA, Julius, ed. Net Present Value. *Investopedia* [online]. 2021, 1. 3. 2021 [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/n/npv.asp>
- [8] Net present value. *Wikipedia* [online]. 2021, 14. 3. 2021 [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Net_present_value#Formula
- [9] Discounting. *Wikipedia* [online]. 2021, 13. 3. 2021 [cit. 2021-4-29]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Discounting>
- [10] Jiří Habel a kolektiv – Světlo a osvětlování, Světelná technika a osvětlování, vyd. Praha: FCC Public s.r.o., 2013. 622 s. ISBN 978-80-86534-21-3